

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-014062

(43)Date of publication of application : 18.01.2002

(51)Int.Cl.

G01N 23/225
G01B 15/00
G01B 15/04
G06T 1/00
G06T 7/00
H01L 21/66
H05K 3/00

(21)Application number : 2000-203056

(22)Date of filing : 30.06.2000

(71)Applicant : HITACHI LTD

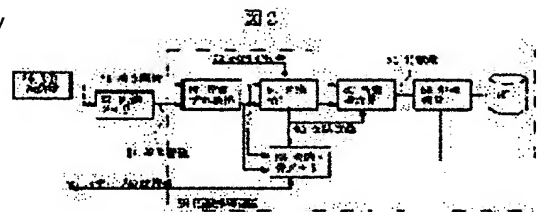
(72)Inventor : WATANABE MASAHIRO
TANAKA MAKI
HIROI TAKASHI
SHISHIDO CHIE
MIYAI YASUSHI
WATANABE KENJI
SUGIMOTO ARITOSHI
KUNI TOMOHIRO
NOZOE MARI

(54) METHOD AND APPARATUS FOR CHECKING PATTERN

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve such problem in the conventional method and apparatus has been no that there method for rapidly sorting defects having a little damage to an object based on the electrical properties of the detected defect in checking the pattern for detecting the defect by comparing an image to be checked with a reference image.

SOLUTION: The method for checking the pattern comprises calculating the feature amount of a defect which includes the signal amount of a charged particle beam image of the defect, simultaneously or concurrently upon checking, and immediately sorting the defects based on the electrical properties of the defects.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-14062

(P2002-14062A)

(43) 公開日 平成14年1月18日 (2002.1.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 N 23/225		G 0 1 N 23/225	2 F 0 6 7
G 0 1 B 15/00		G 0 1 B 15/00	B 2 G 0 0 1
	15/04	15/04	4 M 1 0 6
G 0 6 T 1/00	3 0 5	G 0 6 T 1/00	3 0 5 A 5 B 0 5 7
7/00	3 0 0	7/00	3 0 0 E 5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-203056 (P2000-203056)

(22) 出願日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 渡辺 正浩

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 田中 麻紀

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

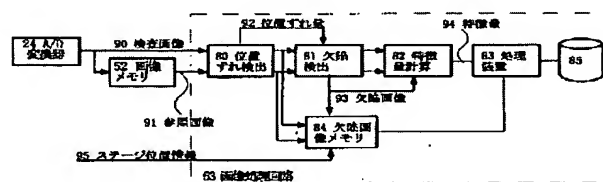
(54) 【発明の名称】 パターン検査方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 検査対象画像と参照画像とを比較して欠陥検出を行うパターン検査において、検出された欠陥の電気的性質に基づいた迅速かつ対象物へのダメージの少ない欠陥の分類を行う方法がなかった。

【解決手段】 検査と同時にあるいは並行して欠陥部の荷電粒子線画像の信号量を含む欠陥の特徴量を算出し、これによって欠陥の電気的性質に基づく分類を即座に行えるようにする。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】対象物を固定し移動させるステージと、荷電粒子ビームを対象物上に収束しこれを走査する手段と、前記荷電粒子ビームを走査した時に対象物から発生する 2 次粒子を所定のサンプリング間隔で検知してデジタル画像信号に変換する手段を備え、これによって検査対象画像を検出し、これを参照画像と比較して欠陥候補を検出し、検出された欠陥候補の位置に対応する検査対象画像および必要に応じて検査時に使用した参照画像をメモリー上に保持し、欠陥画像の収集、保持された画像から真の欠陥の決定、欠陥の分類の 3 種類の処理のうち少なくとも 1 種類の処理を検査と並行して行うことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 2】対象物を固定し移動させるステージと、荷電粒子ビームを対象物上に収束しこれを走査する手段と、前記荷電粒子ビームを走査した時に対象物から発生する 2 次粒子を所定のサンプリング間隔で検知してデジタル画像信号に変換する手段を備え、これによって検査対象画像を検出し、これを参照画像と比較して欠陥候補を検出し、検出された欠陥候補に対応する、サイズ、座標、信号量、信号量の基準レベルあるいは参照画像の信号量に対する正負、テキスチャー、のうち少なくとも 3 種の特徴量を計算し、欠陥の分類に用いることを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 3】信号量の大小、基準レベルに対する正負、あるいは、その両方を少なくとも用いて、欠陥候補がオープン欠陥であるかショート欠陥であるかを少なくとも分類することを特徴とする請求項 2 に記載のパターン検査装置。

【請求項 4】前記特徴量は、欠陥検出と同時に画像処理回路によって計算することを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のパターン検査装置。

【請求項 5】前記特徴量は、欠陥検出時にメモリー上に保持された欠陥部の画像と必要に応じて検査時に使用した参照画像を用いて、検査と並行してあるいは検査より遅れて非同期的に画像処理回路あるいはコンピュータプログラム処理を用いて計算することを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のパターン検査装置。

【請求項 6】前記対象物は、繰り返しパターンの形成された基板であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と同時にメモリー上に取り込み、これらの画像を並べて表示することにより、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のパターン検査装置。

【請求項 7】前記対象物は、繰り返しパターンの形成された基板であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と同時にメモリー上に取り込み、これらの画像の定量評価の算出あるいは画像の分類を行い、この定量評価値あるいは分類結果あるいはそ

の両方の分布をグラフ表示し、あるいは、基板上の位置を示すマップ上に表示することにより、加工結果の善し悪しとそのくり返し単位上分布の判断材料を提供することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のパターン検査装置。

【請求項 8】欠陥画像を再度検出時とは別の手段あるいは動作条件によって画像処理することによって検査して再検出できなかった欠陥候補を虚報として除去することを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載のパターン検査装置。

【請求項 9】前記対象物は繰り返しパターンの形成された基板であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と独立して取り込み、これらの画像を並べて表示することにより、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供することにより、効率的な検査領域の設定、あるいは、検査欠陥の解釈のための補助的な情報を提供することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のパターン検査装置。

【請求項 10】前記対象物は繰り返しパターンの形成された基板であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と独立して取り込み、これらの画像の定量評価の算出あるいは画像の分類を行い、この定量評価値あるいは分類結果あるいはその両方の分布をグラフ表示し、あるいは、基板上の位置を示すマップ上に表示して、加工結果の善し悪しとその対象物分布の判断材料を提供することにより、効率的な検査領域の設定、あるいは、検査欠陥の解釈のための補助的な情報を提供することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のパターン検査装置。

【請求項 11】信号量の大小、基準レベルあるいは参照画像の信号量に対する正負、あるいは、その両方を少なくとも用いて、欠陥がオープン欠陥であるか、ショート欠陥であるかを少なくとも分類することを特徴とする荷電粒子線画像を用いた欠陥確認装置。

【請求項 12】繰り返しパターンの形成された基板からなる対象物をステージ上に保持し、これを光学的に照明し、対象物の光学像をレンズによって光学像検出手段上に結像し、これによって選られた光学像データを用いて、これを基準パターンと比較することによって、対象物中の欠陥を検出するパターン検査装置であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と独立して取り込み、これらの画像を並べて表示することにより、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供することにより、効率的な検査領域の設定、あるいは、検査欠陥の解釈のための補助的な情報を提供することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 13】繰り返しパターンの形成された基板からなる対象物をステージ上に保持し、これを光学的に照明し、対象物の光学像をレンズによって光学像検出手段上に結像し、これによって選られた光学像データを用い

て、これを基準パターンと比較することによって、対象物中の欠陥を検出するパターン検査装置であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と独立して取り込み、これらの画像の定量評価の算出あるいは画像の分類を行い、この定量評価値あるいは分類結果あるいはその両方の分布をグラフ表示し、あるいは、基板上の位置を示すマップ上に表示して、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供することにより、効率的な検査領域の設定、あるいは、検査欠陥の解釈のための補助的な情報を提供することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 14】繰り返しパターンの形成された基板からなる対象物をステージ上に保持し、対象物の光学像あるいは 2 次粒子像を得て、これを基準パターンと比較することによって、対象物中の欠陥を検出するパターン検査装置であって、検出された欠陥の局所的な分布を解析することによって、欠陥の原因別分類情報を提供することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 15】収束させた荷電粒子ビームを対象物上に走査して対象物から発生する 2 次粒子を所定のサンプリング間隔で検知して検査対象画像を検出し、該検査対象画像を参照画像と比較して欠陥候補を検出し、検出した欠陥候補の位置に対応する検査対象画像および必要に応じて検査時に使用した参照画像をメモリー上に保持し、欠陥画像の収集、保持された画像から真の欠陥の決定、欠陥の分類の 3 種類の処理のうち少なくとも 1 種類の処理を検査と並行して行うことを特徴とするパターン検査方法。

【請求項 16】収束した荷電粒子ビームを対象物上に走査して対象物から発生する 2 次粒子を所定のサンプリング間隔で検知して検査対象画像を検出し、該検査対象画像を参照画像と比較して欠陥候補を検出し、検出された欠陥候補に対応する、サイズ、座標、信号量、信号量の基準レベルあるいは参照画像の信号量に対する正負、テキスチャー、のうち少なくとも 3 種の特徴量を計算し、欠陥の分類に用いることを特徴とするパターン検査方法。

【請求項 17】信号量の大小、基準レベルに対する正負、あるいは、その両方を少なくとも用いて、欠陥候補がオープン欠陥であるかショート欠陥であるかを少なくとも分類することを特徴とする請求項 16 に記載のパターン検査方法。

【請求項 18】前記特徴量を、欠陥検出と同時に画像処理回路によって計算することを特徴とする請求項 16 または 17 に記載のパターン検査方法。

【請求項 19】前記特徴量は、欠陥検出時にメモリー上に保持された欠陥部の画像と必要に応じて検査時に使用した参照画像を用いて、検査と並行してあるいは検査より遅れて非同期的に画像処理回路あるいはコンピュータプログラム処理を用いて計算することを特徴とする請求

項 16 または 17 に記載のパターン検査方法。

【請求項 20】前記対象物は、繰り返しパターンの形成された基板であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と同時にメモリー上に取り込み、これらの画像を並べて表示することにより、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供することを特徴とする請求項 15 ないし 19 のいずれかに記載のパターン検査方法。

【請求項 21】前記対象物は、繰り返しパターンの形成された基板であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と同時にメモリー上に取り込み、これらの画像の定量評価の算出あるいは画像の分類を行い、この定量評価値あるいは分類結果あるいはその両方の分布をグラフ表示し、あるいは、基板上の位置を示すマップ上に表示することにより、加工結果の善し悪しとそのくり返し単位上分布の判断材料を提供することを特徴とする請求項 15 ないし 19 のいずれかに記載のパターン検査方法。

【請求項 22】欠陥画像を再度検出時とは別の手段あるいは動作条件によって画像処理することによって検査して再検出できなかった欠陥候補を虚報として除去することを特徴とする請求項 15 ないし 19 のいずれかに記載のパターン検査方法。

【請求項 23】前記対象物は繰り返しパターンの形成された基板であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と独立して取り込み、これらの画像を並べて表示することにより、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供することにより、効率的な検査領域の設定、あるいは、検査欠陥の解釈のための補助的な情報を提供することを特徴とする請求項 15 ないし 19 のいずれかに記載のパターン検査方法。

【請求項 24】前記対象物は繰り返しパターンの形成された基板であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と独立して取り込み、これらの画像の定量評価の算出あるいは画像の分類を行い、この定量評価値あるいは分類結果あるいはその両方の分布をグラフ表示し、あるいは、基板上の位置を示すマップ上に表示して、加工結果の善し悪しとその対象物分布の判断材料を提供することにより、効率的な検査領域の設定、あるいは、検査欠陥の解釈のための補助的な情報を提供することを特徴とする請求項 15 ないし 19 のいずれかに記載のパターン検査方法。

【請求項 25】信号量の大小、基準レベルあるいは参照画像の信号量に対する正負、あるいは、その両方を少なくとも用いて、欠陥がオープン欠陥であるか、ショート欠陥であるかを少なくとも分類することを特徴とする荷電粒子線画像を用いたパターン検査方法。

【請求項 26】繰り返しパターンの形成された試料の欠陥を検出する方法であって、試料上の各くり返し単位内

の指定された点における画像を検査と独立して取り込み、これらの画像を並べて表示することにより、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供することにより、効率的な検査領域の設定、あるいは、検査欠陥の解釈のための補助的な情報を提供することを特徴とするパターン検査方法。

【請求項 27】 繰り返しパターンの形成された試料中の欠陥を検出するパターン検査装置であって、対象物上の各くり返し単位内の指定された点における画像を検査と独立して取り込み、これらの画像の定量評価の算出あるいは画像の分類を行い、この定量評価値あるいは分類結果あるいはその両方の分布をグラフ表示し、あるいは、基板上の位置を示すマップ上に表示して、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供することにより、効率的な検査領域の設定、あるいは、検査欠陥の解釈のための補助的な情報を提供することを特徴とするパターン検査方法。

【請求項 28】 繰り返しパターンの形成された試料の光学像あるいは 2 次粒子像を得て、これを基準パターンと比較することによって、試料中の欠陥を検出するパターン検査方法であって、検出された欠陥の局所的な分布を解析することによって、欠陥の原因別分類情報を提供することを特徴とするパターン検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、荷電粒子線または光などを用いて半導体ウェーハ、回路基板、液晶基板、磁気ディスクのヘッドなどの対象物の画像を得て、その画像と参照画像とを比較することにより欠陥検出を行うパターン検査方法およびその装置に係る。

【0002】

【従来の技術】 検査対象画像と参照画像とを比較して欠陥検出を行うパターン検査方法としては、特開平 03-85742 号公報に記載の方法が知られている。特開平 03-85742 号では、検査対象の光学的画像を参照画像と比較し、検出された欠陥のサイズ、方向等の幾何学的な特徴を計測し、これが電氣的に有害な欠陥であるかどうかを判別するものであった。しかし、こういったパターン検査の主な対象は半導体ウェーハ、回路基板、液晶基板、磁気ディスクのヘッドなど、欠陥の電氣的特性が重要であるものがほとんどであり、検出欠陥候補の光学的形状のみからすべての検出欠陥候補の弁別を行うことは不可能であるという問題があった。一方、荷電粒子線画像を用いると対象物の電氣的性質の違いが検出されることは知られていたが、これを用いて欠陥の分類を行うことは行われていなかった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記のように、従来の技術は対象物の欠陥の光学的な形状に着目して、欠陥の弁別を行うものであったが、電子線を用いた検査にお

いて、検出された電氣的欠陥の分類には用いることができず、検査装置による大量の検出欠陥を再度レビューして確認することが必要で検査結果の解析に非常に時間がかかっていた。また、SEM/FIB などによるレビューによって不要なダメージを対象物に及ぼす危険性もあった。本発明の目的は、主に SEM による検査対象画像と参照画像とを比較して欠陥検出を行うパターン検査において、欠陥の検出と並行して対象の電氣的性質に基づいた迅速かつ対象物へのチャージアップ・汚染といった問題の少ない欠陥の分類が可能なパターン検査方法および装置を提供することにある。また、本発明の別の目的は、欠陥個所に限らず、対象物の加工状態の場所による分布の評価を行う手段を提供することである。

【0004】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために、本発明は、連続的に入力される検査対象画像と参照画像とを比較して欠陥検出を行うパターン検査において、対象の電氣的性質を荷電粒子線画像の信号量が反映することに着目し、欠陥部の荷電粒子線画像の信号量を検査と同時にあるいは並行して欠陥の特徴量として算出し欠陥の分類を即座に行えるようにしたものである。

【0005】 また、本発明は検査対象物の指定された点の画像を検査と同時にあるいは独立に記憶し、この画像を表示、あるいは、解析することによって、対象物の特性の分布を確認できるようにしたものである。

【0006】

【発明の実施の形態】 以下、図 1 を用いて本発明の実施例を説明する。10 が荷電粒子線鏡筒、14 が荷電粒子線源を示し、14 より出た 2 次粒子線は非点収差補正器 60、偏向素子 15、対物レンズ 18 を通って試料 20 上に焦点を結んで照射される。試料 20 は試料台 21 上におかれ、さらにステージ 46 上におかれ、移動される。さらに 2 次粒子検出器 16 で試料から放出された 2 次粒子を検出する。高さ検出装置センサ 13 によって試料表面 20 の高さを検出する。焦点制御装置 22 は、高さ検出装置センサ 13 よりの高さ信号に基づいて対物レンズ 18 を駆動し、荷電粒子線の焦点を試料 20 上に合わせる。偏向信号発生装置 47 は偏向素子 15 に対して偏向信号を発生するが、このとき、試料表面 20 の高さ変動にともなう像倍率変動、対物レンズ 18 の制御にともなう像回転を補償するように偏向信号に補正を加える。また、ステージ 46 を XYZ ステージとして、焦点制御装置 22 によって焦点位置を直接制御する代わりに、ステージ 46 に Z ステージを附加しこの高さを制御してもよい。

【0007】 二次粒子検出器 16 より信号は A/D 変換器 24 によって A/D 変換されて、デジタル画像となる。A/D 変換されたデジタル画像を処理する画像処理回路 53 とこのための画像メモリ 50 を持つ。さらにステージ 105 を制御するステージ制御手段 126 とこれ

ら全体を制御する全体制御部 120 を持つ。荷電粒子線源 14 の電位を調整する手段 51、試料台 21 の電位を調整する手段 48、試料台 21 の電位を調節する手段 49、荷電粒子線源 14 の電位調整手段 51 を具備し、これらは、試料の電気的特性の検出のために所望の画質の 2 次粒子像を得るために全体制御部 26 によって制御される。

【0008】なお、これらの電位調整手段がすべて具備されている必要はなく、試料の電気的特性の検出のために必要な 2 次粒子像の画質の制御が可能であれば十分である。非点収差補正器 60 は非点収差補正回路 61 によって駆動され、61 はさらに非点収差調整手段 64 によって制御される。64 は同時に焦点位置制御手段 22 も制御する。これによって常に焦点と非点の調整された状態での二次粒子画像の検出が可能になる。

【0009】なお、試料に照射する荷電粒子線としては、電子線、イオンビームが挙げられ、二次粒子としても二次電子、反射電子、二次イオン等が挙げられる。以降、SEM（走査型電子顕微鏡）による二次電子画像を例にとって説明するが、他の荷電粒子線を用いても対象物の形状と電気的特性を検査するという目的にとっては同じ働きであり、他の荷電粒子線を用いたパターン検査にも容易に適用できることは明らかである。

【0010】また、画像処理装置には表示装置 54 が接続され、検出された画像をモニタすることができ。さらに、全体制御 26 には表示装置 56 が接続され、必要な装置の操作、検出結果、分類結果の確認等をグラフィカルユーザインタフェースによって実現できる。

【0011】次に、半導体ウェーハに例を取って欠陥検出に用いる画像について説明する。図 3 のごとく、最終的に同一の製品となるチップが多数配列されている。図 1 のパターン検査装置では、あるチップ（例えば図 3 の 100）の検出画像と、隣接する別のチップ（図 3 の 101）の検出画像とを画像比較することにより欠陥を認識する。比較相手として用いる参照画像は必ずしも隣接チップである必要はなく、任意のチップ、あるいはあらかじめ取得した、別ウェーハ上のチップの画像を用いてもよいし、さらには、設計データから合成した基準画像を用いてもよい。

【0012】また、図 3 の 102 のごとく、半導体メモリ部のような繰り返しパターンが並んでいる個所では、隣接したパターンのくりかえし間隔あるいは、その整数倍だけ位置をずらした個所の画像を参照画像として用いてもよい。

【0013】以上半導体ウェーハを例にとって説明したが、一つの基板上に繰り返して形成されるパターンを持つ検査対象であれば同じように参照画像を選んで検査を行うことができるのはいうまでもない。

【0014】次に対象物の電気特性と SEM 画像の関係について述べる。図 4（a）の断面図のように、たとえ

ば、検査対象が下地パターンの形成された層 104 の上に絶縁層 105 が形成され、ここに下地層 104 と上の層の間に導通をとるためのコンタクトホール 106 が形成されているものとする。106 の穴の内部は導体で埋められていてもいなくてもよい。この対象物を SEM 像でみると図 4（b）のように見える。図の場合黒い（信号量が少ない）ところが絶縁物 105、白い（信号量が多い）ところがコンタクトホール 106 である。

【0015】ここで、107 のように下地層 104 まで貫通していない穴があると、この部分の抵抗の違いが SEM 像の信号量として現れてくる。この、信号量の差および抵抗の増加が信号量の増大につながるのか減少につながるのかの関係は走査する電子線の電流値、照射エネルギー、試料上の電界、走査速度等によって異なるが、たとえば図 4（c）に示すように、対象物の電気的特性の違いが信号量の違いとして検出される。

【0016】本発明では、これを積極的に活用することによって、検出された欠陥を形状のみならず電気的特性によって分類し、あるいは、欠陥の画像に限らず、任意の箇所の画像をもちいて対象物の加工状態をモニターすることが可能とする。

【0017】次に、具体的に検出された欠陥を形状のみならず電気的特性によって分類し、あるいは、任意の箇所の画像をもちいて対象物の加工状態をモニターすることを可能とするための画像処理回路 53 の構成について図 2 を用いて説明する。

【0018】A/D 変換機 24 によって SEM 画像はデジタルの画像データに変換され検査画像 90 として画像処理回路 53 に入力される。同時に検査画像 90 は画像メモリ 52 に貯えられ、隣接メモリセルパターン検査時、隣接チップ検査時等、比較処理に必要な時間だけ遅らせて出力され、参照画像 91 となる。あるいは、参照画像 91 は設計データから合成されて画像メモリ 52 に貯えられた画像でもよいし、あらかじめ検出されて貯えておかれた別ウェーハ上あるいは同一ウェーハ上の基準ウェーハの画像でもよい。

【0019】画像処理回路 53 は位置ずれ検出手段 80、欠陥検出手段 81、特徴量計算手段 82、欠陥画像メモリ 84、処理装置 83、記憶装置 85 から成る。まず位置ずれ検出手段 80 は検査画像 90 と参照画像 91 の間の位置ずれを検出する。位置ずれの検出手段としては、相互相関値が最大となる位置を用いる方法、差画像の二乗和あるいは絶対値の和が最小となる位置を用いる方法、FFT を用いる方法等が知られている。また、補間によって位置ずれ量を画素以下の精度で求めることも可能である。

【0020】検出された検査画像 90 と参照画像 91 のあいだの位置ずれ量 92 は欠陥検出手段 81 に送られて、検査画像 90 と参照画像 91 を比較して欠陥を検出するときに使用される。欠陥検出手段 81 では検査画像

90と参照画像91の差異を画素毎に算出し、これが許容範囲を超えていると欠陥として出力する。位置ずれ量92はこの画像間の差異の許容範囲に対する補正量を求めるために用いる。あるいは、位置ずれ量92は検査画像90と参照画像91を相対的にずらして位置補正を行うために用いてもよい。

【0021】欠陥検出手段81で検出された欠陥画像は欠陥位置にフラグがたてられた画像（たとえば正常部の画素は0、欠陥部の画素は1）であり、これだけでは使用しにくい。そこで、特徴量計算手段82に欠陥画像93と検査画像90と参照画像91が入力され、欠陥の各種特徴量94が計算される。なお特徴量の計算の前に、微小な欠陥候補を取り除く処理や、隣接する欠陥候補を一つにまとめる処理を行ってもよい。

【0022】特徴量94としては欠陥の面積、幅、高さ、座標のほか次に示すものが挙げられる。

【0023】まず、信号量の欠陥内平均値。検査画像を $f(x, y)$ 、参照画像を $g(x, y)$ とすると、信号量平均値は $\Sigma f(x, y)$ 、対応する正常部の信号量平均値は $\Sigma g(x, y)$ となる。なお、 Σ は欠陥内の総和を表している。両者を比べることにより、対象物の電気的特性、すなわち、導通がとれていないのか、逆に、短絡しているのか、さらに、どのくらい問題なのかが判別できる。あるいは、差画像の欠陥内平均値 $\Sigma(f(x, y) - g(x, y))$ を用いてもよい。この特徴量の正負とその大きさを調べることによって、対象物の電気的特性、すなわち、導通がとれていないのか、逆に、短絡しているのか、さらに、どのくらい問題なのかが判別できる。

【0024】また、別の実施例として、差画像の欠陥内最大値： $MAX(f(x, y) - g(x, y))$ と $MIN(f(x, y) - g(x, y))$ を用いてもよい。

【0025】別の特徴量の例としては、模様の特徴量を表す特徴量（テキスチャー特徴量）が挙げられる。たとえば、画像の微分値の欠陥内総和 $\Sigma(|f(x+1, y) - f(x, y)| + |f(x, y+1) - f(x, y)|)$ を求めると、この値は欠陥領域内の模様の特徴量を表す特徴量となる。なお、微分の方法には種々のバリエーションがあり、どれを適用しても類似の効果が得られることを注記しておく。たとえば、 $\Sigma((f(x+1, y) - f(x, y))^2 + (f(x, y+1) - f(x, y))^2)$ 、あるいは $\Sigma(MAX(f(x, y) - MIN(f(x, y)))$ を用いても同じことである。ここでは、 2 は二乗を、 $MAX \cdot MIN$ は近傍画素内の最大・最小値をそれぞれ表している。

【0026】また、同様に欠陥に対応する領域中の参照画像91のテキスチャー特徴量も得ることができる。

【0027】さて、特徴量計算手段で計算された特徴量94はプログラムによって動作が制御される処理装置83に送られる。欠陥は検査画像90中にあるばあいと参

照画像91中にある場合の2回検出されるので、この2回の検出を欠陥を照合することによってみつけ、1回しか検出されなかった場合は虚報として除去し、2回検出された場合にはどちらの画像に真の欠陥が存在するのかを判定する。更に、特徴量94を用いての欠陥の分類を行い、結果を記憶装置85に蓄積する。結果は全体制御手段26に送られ、グラフィカルユーザインターフェースに表示される。なお、処理装置83では欠陥と特徴量のデータを全体制御手段26に送ることのみを行って、全体制御手段26側で上記処理を行ってもよいことは言うまでもない。

【0028】次に、更なる機能として、欠陥画像メモリ84の動作を説明する。上記構成は特徴量計算手段82の画像処理ハードウェアで計算できる処理の比較的単純な特徴量のみを用いる場合には非常に有効であったが、複雑な特徴量の計算には向いていない。そこで、欠陥画像データ93を欠陥画像メモリへのトリガー信号として用い、欠陥に対応する検査画像90と参照画像91を欠陥画像メモリ84に取り込む。処理装置83は欠陥画像メモリ84に保持された画像を用いて処理を行い、たとえば、欠陥の周囲長、境界の凹凸、欠陥の方向、背景パターンに対する位置等の特徴量を求め、欠陥の分類に用いる。なお、処理装置83は処理内容の複雑さと、時間当たりに処理したい欠陥の個数に応じて、複数の処理装置からなるマルチプロセッサシステムとして構成すればよい。

【0029】このように、欠陥に対応する検査画像90と参照画像91を欠陥画像メモリ84を用いて処理することによって導通欠陥の分類のような単純な分類のみならず、異物種の分類、導通欠陥の原因も含めた分類のような、より高度な分類が可能となる。図5を用いてこの分類の例を説明する。

【0030】図5は、図4と同様の酸化膜中に導通穴の形成された対象物の像の例である。信号量と接続抵抗の関係が図4(c)と同様の挙動を示す場合には(a)のように縦に周りよりも信号量の多い穴が並んでいる場合、下地の縦方向の配線パターンとのショートが疑われる。また、(b)のように横に周りよりも信号量の多い穴が並んでいる場合、下地の横方向の配線パターンとのショートが疑われる。また、(c)のように固まった領域状に周りよりも信号量の少ない穴が並んでいる場合、異物等が加工時に存在したためにこの領域に非導通の穴が生じたと疑われる。また、ランダムに周りとも信号量の異なる穴が存在する場合、加工プロセスのマージンが不足しているために、加工結果が穴毎に不安定になっていると疑われる。

【0031】このように、欠陥の局所的分布を欠陥部の画像を解析することによって分類し表示することによって、欠陥の原因の内訳を解析するのに役立つ情報を提供できる検査装置が構成できる。

【0032】更に、別の実施例として欠陥とは無関係に対象物の加工欠陥の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を検査と同時に提供する方法を示す。図2の欠陥画像メモリ84に対して、欠陥画像93をトリガーとするのではなく、ステージ制御手段50から渡されるステージ位置情報があらかじめ設定された位置にきたときに、その時の検査画像90が欠陥画像メモリ84に取り込まれるように動作させる。すると、対象物上の各くり返し単位（たとえば半導体ウェーハ上の各チップ）内の指定された点における画像を検査と同時にメモリー上に取り込むことができる。

【0033】取り込まれた画像を処理装置83で処理して、たとえば、図6のようにウェーハマップ上に画像を並べて表示し、もしくは、更に画像の良否の評価結果をマップ上に表示することが可能になる。これによって、加工結果の善し悪しとその分布の判断材料を提供することができる。

【0034】また別の表示の方法として、図7のように画像の定量評価を行い位置に対してプロットすることによっても、加工結果の善し悪しとその分布の判断材料を提供することができる。この図の例では、穴の配列パターンに対して信号量の平均値を画像から計測して、チップ座標に対してプロットしている。

【0035】また、図8のように、評価値を対象物上のx、y 2次元の位置座標に対して3次元的にプロットしてもよい。計測する定量評価値は信号量の平均値のみならず、各穴の信号量のばらつき、各穴の大きさ等でもよい。また、この例は穴パターンであったが、配線パターンでは、配線の幅とそのばらつき、明るさとそのばらつき、ゲイト工程パターンでは、ゲイトの各領域の明るさとそのばらつき、ゲイトの幅等、定量評価に適して加工状態の推定に役立つ評価値がこの発明の範囲内で種々考えられることはいうまでもない。

【0036】図9は、半導体ウェーハパターン検査装置の別の構成を示すブロック図である。ここでは、光学的検出手段による半導体ウェーハ100の光学像を用いてパターン検査を行う。

【0037】半導体ウェーハ等の被検査対象物20を載置してx、y方向に移動するステージ46と、光源1と、照明光を被検査対象物に照明し、被検査対象物から反射して得られる光学像を結像させる対物レンズ18と、該対物レンズを含めた検出光学系で結像された光学像を受光して明るさに応じた画像信号に変換する光電変換素子の一実施例である1次元イメージセンサ2と、対物レンズ18の焦点位置を検出する焦点検出センサ3と、これによる焦点検出値をもとにステージ46のうちZステージを駆動するZステージ制御4から構成される。そして、1次元イメージセンサ2で検出された画像信号は、A/D変換器24によりデジタル信号に変換される。以降の画像処理、および、全体制御26とステージ制御5

0の動作は、これまでに示した実施の形態と同様であるため説明を省略する。

【0038】この構成により、検出欠陥の局所的分布の特徴に基づいた欠陥分類と、対象物上の各チップ上の指定された点における画像を検査と同時にメモリー上に取り込み、これらの画像を並べて表示し、さらに、これらの画像の定量評価値あるいは分類結果あるいはその両方の分布をグラフ表示し、あるいは、基板上の位置を示すマップ上に表示することにより、加工結果の善し悪しとその対象物上分布の判断材料を提供できる検査装置が実現される。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、連続的に入力される検査対象画像と参照画像とを比較して欠陥検出を行うパターン検査において、欠陥の検出と並行して対象の電気的性質に基づいた欠陥の分類が可能となる。欠陥の検出と並行して行うことにより、時間のかかる欠陥の再検出によるレビュー・分類を行わずに済む。また、欠陥個所に限らず、対象物の加工状態の場所による分布の評価を行う検査と同時に行うことが可能になる。また、検出と同時に欠陥画像を取得し、再度欠陥部の画像を検出しないため、荷電粒子線によるチャージアップや汚染を押さえることができ、より広範な検査対象物への適用が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、荷電粒子線を用いたパターン検査装置の概略構成を示す正面図である。

【図2】図2は、画像処理部の詳細な構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、比較検査における比較画像の選択を示すウェーハの平面図である。

【図4】図4は、対象物の電気的性質の荷電粒子線による検出概念を説明する図であり、(a)は、試料の断面図、(b)は、SEM画像、(c)は、対象物の電気的特性を示すグラフである。

【図5】図5の(a)～(d)は、欠陥の原因を欠陥の局所的空間分布から推定する方法の概念を示すSEM画像である。

【図6】図6は、画像の試料内分布を視覚的に表示する出力例を示すウェーハと各点のSEM画像を示す図である。

【図7】図7は、画像の定量評価値の試料内分布プロットの様子を示すグラフである。

【図8】図8は、画像の定量評価値の試料内分布の三次元プロットの様子を示す図である。

【図9】図9は、本発明を適用した光学式のパターン検査装置の概略構成を示す正面図である。

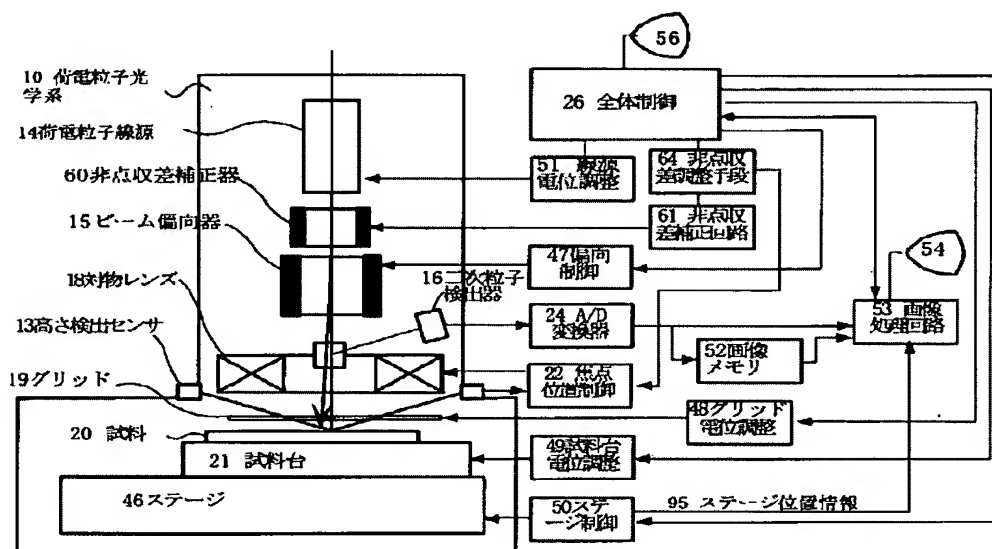
【符号の説明】

1…光源 2…イメージセンサ 3…焦点検出センサ
4…Zステージ制御手段 10…荷電粒子

光学系 14…電子源またはイオン源
 15…偏向器 18…対物レンズ 16…二次粒子検出器
 19…グリッド 20…試料 2
 1…試料台 22…焦点位置制御手段 46 05
 24…A/D変換器 26…全体制御手段 48
 …ステージ 47…偏向制御手段 48…グリッド
 ド電位調整手段 49…試料台電位調整手段
 50…ステージ制御手段 51…線源電位調整手段
 52…画像メモリ
 53…画像処理回路 54…表示装置 59…表示装置
 61…非点収差補正回路 62…校正用ターゲット
 64…非点収差調整手段
 80…位置ずれ検出手段 81…欠陥検出手段
 82…特徴量計算手段
 83…処理装置 84…欠陥画像メモリ 85…記憶装置
 104…下地パターン 105…絶縁膜
 106…導通穴 107…導通のとれていない導通穴

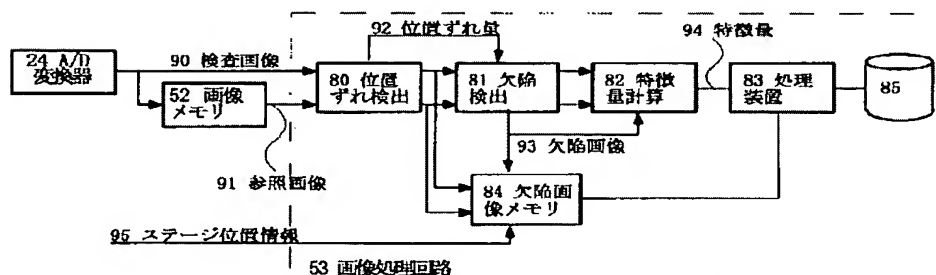
【図1】

図 1

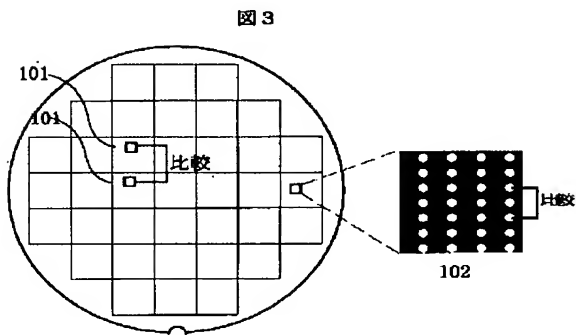


【図2】

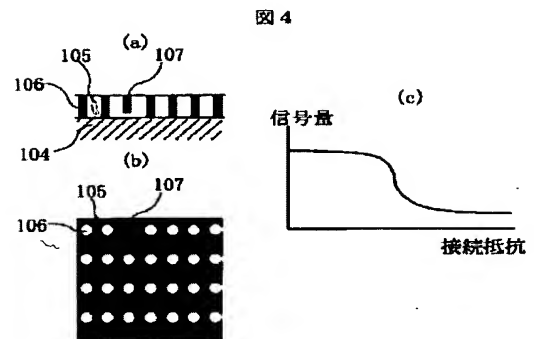
図 2



【図 3】

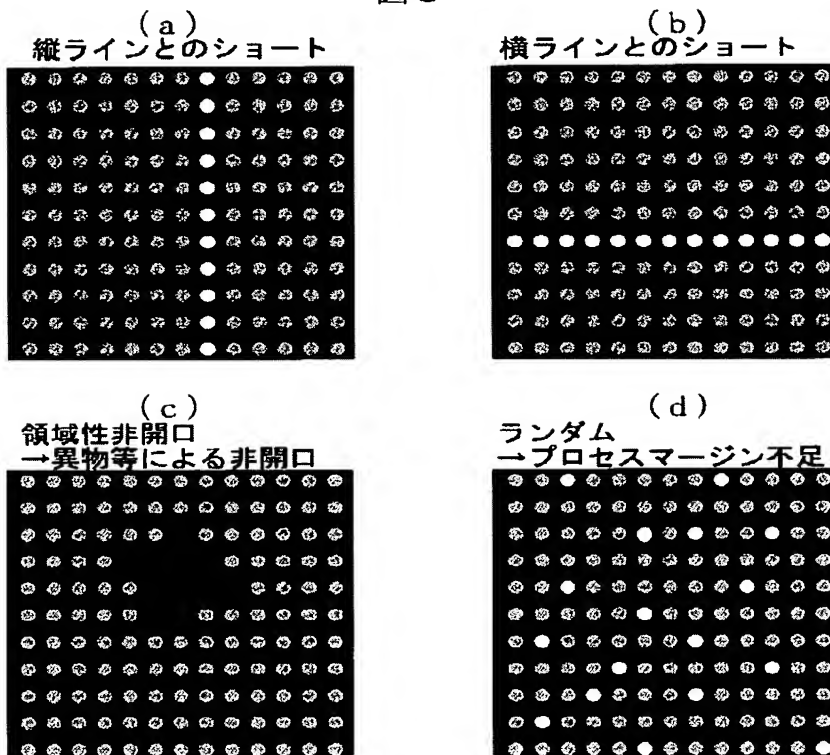


【図 4】

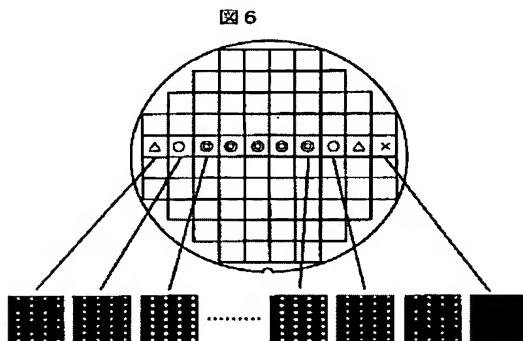


【図 5】

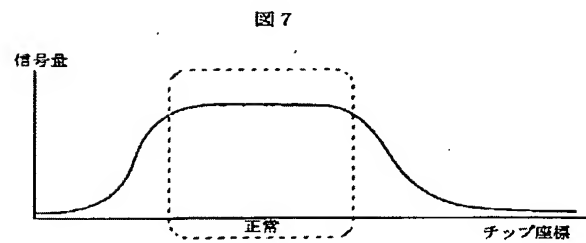
図 5



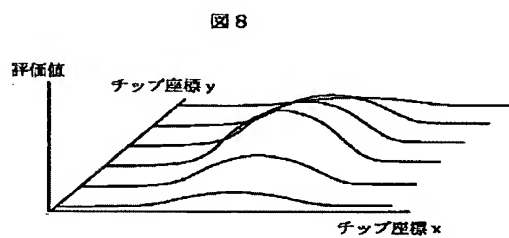
【図6】



【図7】

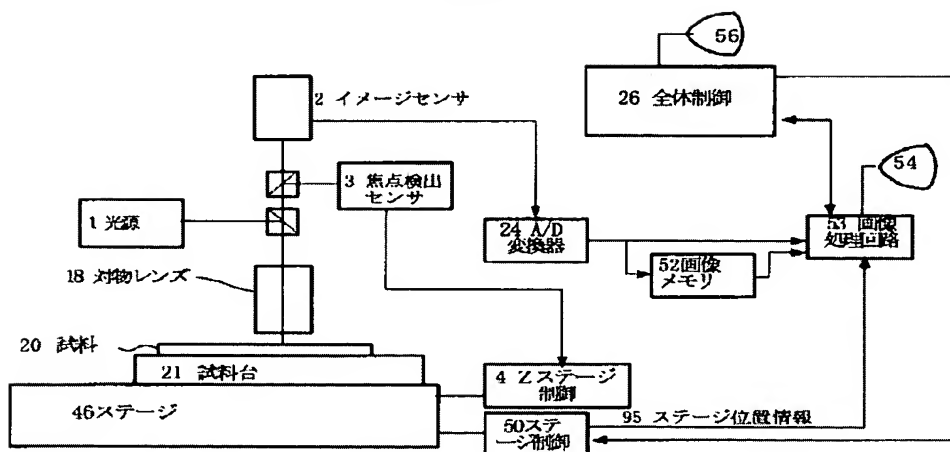


【図8】



【図9】

図9



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J
H 0 5 K 3/00		H 0 5 K 3/00	Q
(72) 発明者 広井 高志		(72) 発明者 野副 真理	
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株		東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地	
式会社日立製作所生産技術研究所内		株式会社日立製作所中央研究所内	
(72) 発明者 宍戸 千絵		10 F タ-ム (参考) 2F067 AA54 BB01 BB04 CC00 CC14	
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株		CC17 EE04 GG08 HH06 JJ05	
式会社日立製作所生産技術研究所内		KK04 LL00 LL16 RR08 RR24	
(72) 発明者 宮井 裕史		RR30 RR35 RR42 SS02	
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会		2G001 AA03 BA07 CA03 FA01 FA06	
社日立製作所計測器グループ内	15	GA01 GA06 HA07 HA13 JA11	
(72) 発明者 渡辺 健二		JA16 KA03 LA11 MA05	
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株		4M106 AA01 CA16 CA39 DA15 DB05	
式会社日立製作所半導体グループ内		DB21 DJ04 DJ05 DJ11 DJ20	
(72) 発明者 杉本 有俊		DJ38	
東京都青梅市新町六丁目16番地の3 株式	20	5B057 AA03 BA01 BA02 CA12 CA16	
会社日立製作所デバイス開発センタ内		DA03 DA16 DB02 DC32	
(72) 発明者 久邇 朝宏		5L096 BA03 CA01 CA02 DA01 GA08	
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株		HA07	
式会社日立製作所生産技術研究所内			

